

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Hiromichi OTA, et al.

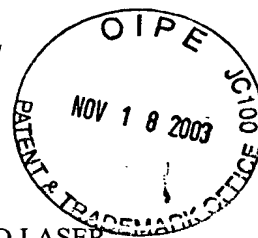
GAU: 2874

SERIAL NO: 10/606,756

EXAMINER:

FILED: June 27, 2003

FOR: LAMINATED OPTICAL WAVEGUIDE ARRAY, BEAM COLLECTING DEVICE AND LASER  
EMISSION DEVICE



REQUEST FOR PRIORITY

COMMISSIONER FOR PATENTS  
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e): Application No. Date Filed

☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
JAPAN	2002-188487	June 27, 2002
JAPAN	2002-221596	July 30, 2002

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number  
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
- ☐ (B) Application Serial No.(s)
- ☐ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.

*Paul Sacher*

Marvin J. Spfvak

Registration No. 24,913

Customer Number

22850

Tel. (703) 413-3000  
Fax. (703) 413-2220  
(OSMMN 05/03)

Paul Sacher  
Registration No. 43,418

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2002年 6月27日

出 願 番 号  
Application Number:

特願2002-188487

[ ST.10/C ]:

[ JP2002-188487 ]

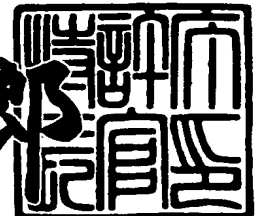
出 願 人  
Applicant(s):

豊田工機株式会社

2003年 6月 5日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3043612

【書類名】 特許願

【整理番号】 020274

【提出日】 平成14年 6月27日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01S 3/10

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地 豊田工機株式会社内

    【氏名】 太田 浩充

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地 豊田工機株式会社内

    【氏名】 新野 康生

【特許出願人】

    【識別番号】 000003470

    【氏名又は名称】 豊田工機株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100064344

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 岡田 英彦

    【電話番号】 (052)221-6141

【選任した代理人】

    【識別番号】 100087907

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 福田 鉄男

【選任した代理人】

    【識別番号】 100095278

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 犬飼 達彦

【選任した代理人】

    【識別番号】 100105728

【弁理士】

【氏名又は名称】 中村 敦子

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 002875

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 積層型光導波路及びレーザ発光装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 任意の屈折率を有する部材で形成された板状の光導波路と、当該光導波路の屈折率よりも低い屈折率を有する間隙部材とを交互に複数積層した積層型光導波路であって、

間隙部材は、円柱状の形状を有している、  
ことを特徴とする積層型光導波路。

【請求項 2】 任意の屈折率を有する部材で形成された板状の光導波路と、当該光導波路の屈折率よりも低い屈折率を有する間隙部材とを交互に複数積層した積層型光導波路であって、

間隙部材は、球状の形状を有している、  
ことを特徴とする積層型光導波路。

【請求項 3】 任意の屈折率を有する部材で形成された板状の光導波路と、当該光導波路の屈折率よりも低い屈折率を有する間隙部材とを交互に複数積層した積層型光導波路であって、

間隙部材は、板状の形状を有している、  
ことを特徴とする積層型光導波路。

【請求項 4】 請求項 1～3 のいずれかに記載の積層型光導波路であって、隣り合う光導波路と光導波路との間の間隙部材の各層において、間隙部材が配置されていない隙間を、光導波路の屈折率よりも低い屈折率を有する樹脂で充填し、隣り合う光導波路と光導波路を固定する、  
ことを特徴とする積層型光導波路。

【請求項 5】 請求項 1～4 のいずれかに記載の積層型光導波路であって、積層型光導波路の各層をまとめて固定する固定部材を備え、

固定部材は、積層型光導波路の積層方向における両端面から圧力をかけて各層を固定する、  
ことを特徴とする積層型光導波路。

【請求項 6】 請求項 5 に記載の積層型光導波路であって、

積層型光導波路の積層方向における両端面と、固定部材との間隙に、光導波路の屈折率よりも低い屈折率を有する緩衝部材を配置する、  
ことを特徴とする積層型光導波路。

【請求項 7】 レーザ光の進行方向に対して垂直な面において長軸と短軸を有し、長軸方向及び短軸方向に拡散しながら進行するほぼ楕円状のレーザ光を出射する発光部が長軸方向及び短軸方向に複数配列された半導体レーザアレイと、複数の光ファイバと、集光レンズと、請求項 1 ～ 6 のいずれかに記載の積層型光導波路とを備え、

積層型光導波路において、隣り合う光導波路の間隔は、ほぼ半導体レーザアレイの各発光部の短軸方向の間隔と等しく、積層された各光導波路の厚さは、ほぼ半導体レーザアレイの各発光部の短軸方向の長さと等しく、各光導波路は、積層方向に平行な所定の面を入射面として有しているとともに、当該入射面と対向する方向に出射面を有しており、

積層型光導波路は、積層された方向と半導体レーザアレイの短軸方向とがほぼ平行になるように配置され、半導体レーザアレイの長軸方向に配列された複数の発光部から出射される複数のレーザ光が各光導波路の入射面に入射され、入射されたレーザ光を長軸方向に集光して出射面から出射し、

各光ファイバは、各々の入射面が積層型光導波路の各光導波路の出射面に対向するように配置され、出射面が任意の形状に束ねられており、積層型光導波路の各光導波路から入射されたレーザ光を出射面から出射し、

集光レンズは、任意の形状に束ねられた複数の光ファイバの出射面から出射される複数のレーザ光を所定の位置に集光する、  
ことを特徴とするレーザ発光装置。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、積層型光導波路及びレーザ発光装置に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

図 1 1 に、従来の半導体レーザ集光装置の概略構成の例を示す。半導体レーザ（レーザダイオード等）の活性層 1 4 の発光部 1 2 から出射される半導体レーザ光（以下、「レーザ光」と記載する）は、レーザ光 2 の進行方向に対して垂直な面においてほぼ楕円状であり、当該楕円状のレーザ光 2 は、長軸方向（fast 軸方向）と、短軸方向（slow 軸方向）とを有する。また、当該楕円は、発光部 1 2 からの距離が長くなるほど大きくなる。そして、長軸方向と短軸方向に 2 次元的に配列した複数の発光部を持つ半導体レーザアレイから出射されるレーザ光を、光ファイバに集光してレーザ光の出力を増大させる半導体レーザ集光装置が知られている。

例えば、半導体レーザをレーザ加工装置の光源として用いる場合、加工に用いるレーザ光の高出力化が必要であるが、単一の発光部から出射されるレーザ光では、出力強度に限界がある。そこで、レンズ群等を用いて複数の発光部から出射されるレーザ光を集光して、レーザ光の出力を増大させている。

従来の半導体レーザ集光装置の技術として、例えば、特開 2 0 0 0 - 9 8 1 9 1 号公報では、図 1 1 に示すように、レンズ群と光ファイバ 3 0 を備え、レーザ光の発光部 1 2 から光ファイバ 3 0 までの間に、長軸方向コリメートレンズアレイ 7 0、長軸方向集光レンズ 8 0、短軸方向集光レンズアレイ 9 0、の順にレンズを配置してレーザ光を光ファイバ 3 0 に集光し、レーザ光の出力を増大させることを提案している。

### 【 0 0 0 3 】

#### 【発明が解決しようとする課題】

半導体レーザの発光部 1 2 から出射されるレーザ光を効率良く光ファイバ 3 0 に集光してレーザ光の出力を増大させるには、より細い光ファイバに、より多くの発光部からのレーザ光を入射して密度を高めることと、より小さな入射角で入射端面に入射して、入射したレーザ光を外部に反射させることなく、効率よく光ファイバに入射する（入射端面に対して、より直角に近い角度で入射する）ことが必要である。

ここで、発光部 1 2 から出射されたレーザ光は、長軸方向及び短軸方向に拡がりながら進行する。拡がりながら進行するレーザ光を集光する場合、レンズ自身

に非常に高い精度が要求され、そのレンズの配置位置も、非常に高い精度が要求される。

従来の半導体レーザ集光装置（例えば、特開 2 0 0 0 - 9 8 1 9 1 号公報）は、発光部の間隔が比較的広い長軸方向においては、一旦、（長軸方向コリメートレンズアレイ 7 0 にて）平行光に変換してから、（長軸方向集光レンズ 8 0 にて）集光しているが、発光部の間隔が比較的狭い短軸方向においては、レンズの径が非常に小さく、配置も困難であるため、平行光にしてから集光することをせず、（短軸方向集光レンズアレイ 9 0 にて）集光のみを行っている。

#### 【 0 0 0 4 】

従来の半導体レーザ集光装置（例えば、特開 2 0 0 0 - 9 8 1 9 1 号公報）では、図 1 1 に示すように、半導体レーザアレイ 1 0 の各発光部 1 2 (m、n)（m 行 n 列、図 1 1 の例では、5 行 1 6 列）から出射されるレーザ光を、長軸方向コリメートレンズアレイ 7 0 を通過させ、長軸方向集光レンズ 8 0 を通過させ、更に、短軸方向集光レンズアレイ 9 0 を通過させて光ファイバ 3 0 (s、t)（s 行 t 列、図 1 1 の例では、1 行 8 列）に入射している。

なお、全ての図面において、座標軸は、レーザ光の進行方向を Z 軸、fast 軸方向（長軸方向）を X 軸、slow 軸方向（短軸方向）を Y 軸としている。

なお、全ての図面は、説明を容易にするため、あるいは比較等を容易にするために、実際の寸法とは異なる寸法で記載している部分を含んでいる。

#### 【 0 0 0 5 】

また、図 1 1（従来の半導体レーザ集光装置）の構成における、各レンズ及びレーザ光の様子を図 1 2 (A) 及び (B) に示す。図 1 2 (A) は、短軸方向に配列された 2 個の発光部から出射される 2 本のレーザ光と、長軸方向に配列された 5 個の発光部から出射される 5 本のレーザ光の合計 1 0 本のレーザ光を、1 本の光ファイバに集光している。図 1 2 (A) は、図 1 1 を X 軸方向から見た図（上から見た図）であり、図 1 2 (B) は、図 1 1 を Y 軸方向から見た図（横から見た図）である。

一般的によく用いられる半導体レーザアレイでは、短軸方向においては、各発光部 1 2 の幅（図 1 2 (A) 中の Dw）は約 0. 2 mm であり、発光部と発光部



の間隔（図 1 2（A）中の  $D_p$ ）は約 0.2 mm である。よって、短軸方向において隣り合う 2 個の発光部をグループとした場合の幅（図 1 2（A）中の  $D_{in}$ ）は約 0.6 mm である。また、各発光部から出射されるレーザ光の短軸方向の拡がり角（図 1 2（A）中の  $\theta_{iny}$ ）は約  $3.5^\circ$  である。

また、長軸方向において隣り合う発光部の間隔（図 1 2（B）中の  $D_h$ ）は約 1.75 mm であり、各発光部の厚さ（図 1 2（B）中の  $D_t$ ）は約 0.002 mm である。また、各発光部から出射されるレーザ光の長軸方向の拡がり角（図 1 2（B）中の  $\theta_{inx}$ ）は約  $40^\circ$  である。

#### 【0006】

例えば、このレーザ光を、光ファイバ 30 に、短軸方向において 2 本のレーザ光を集光し、長軸方向において 5 本のレーザ光を集光する。また、短軸方向の入射角（図 1 2（A）中の  $\theta_{outy}$ ）が約  $10^\circ$  以下になるように（より小さな入射角で）集光する。

この場合、最も効率良く集光するためには、図 1 2（A）において、短軸方向に隣り合う発光部 12 から出射されるレーザ光が重なる前に短軸方向集光レンズアレイ 90 を配置する必要がある。レーザ光が重なる位置は、上記の数値の場合は、発光部 12 から約 1.6 mm の位置である。また、長軸方向は、拡がり角が大きいので、発光部 12 により近い位置で平行光にすることが好ましい（距離を大きくして幅がより大きくなったレーザ光を集光すると、光ファイバへの入射角（ $\theta_{outx}$ ）が大きくなるため）。よって、発光部 12 にほぼ隣接して長軸方向コリメートレンズアレイ 70 を配置している。

#### 【0007】

以上より、発光部 12 から約 1.6 mm までの距離の間に、長軸方向コリメートレンズアレイ 70 と短軸方向集光レンズアレイ 90 を配置する必要があり、事実上、配置は非常に困難である。なお、長軸方向集光レンズ 80 は、図 1 2（A）、（B）においては、長軸方向コリメートレンズアレイ 70 と短軸方向集光レンズアレイ 90 の間に配置したが、短軸方向集光レンズアレイ 90 と光ファイバ 30 の間に配置してもよい。ただし、この場合は、長軸方向集光レンズ 80 と光ファイバ 30 までの距離がより短くなるので、光ファイバ 30 への長軸方向の入射

角（図 1 2（B）中の  $\theta_{\text{outx}}$ ）が大きくなり、集光の効率が低下する可能性がある。

【0 0 0 8】

また、この場合、短軸方向集光レンズアレイ 9 0 の焦点距離（ $f_{90}$ ）を、発光部 1 2 から短軸方向集光レンズアレイ 9 0 までの距離（この場合、約 1.6 mm）に設定すると、短軸方向における集光の効率がほぼ最適になるので、光ファイバ 3 0 の位置が短軸方向集光レンズアレイ 9 0 から焦点距離（ $f_{90}$ ）の位置に自動的に決まる。つまり、発光部 1 2 から光ファイバ 3 0 までの距離（図 1 2（A）中の  $L$ ）は、約 3.2 mm となる。

しかし、例えば長軸方向に 1.75 mm 間隔で配列された 5 個の発光部から出射されるレーザ光を、長軸方向の入射角を  $10^\circ$  未満とするためには、約 19.85 mm 以上の距離が必要であり、必要な数のレーザ光を集光することが非常に困難である。

【0 0 0 9】

以上に説明したように、従来の半導体レーザ集光装置では、短軸方向集光レンズアレイ 9 0 と発光部 1 2 との間の距離が短い。このため、所定距離の間に、長軸方向コリメートレンズアレイ 7 0 と短軸方向集光レンズアレイ 9 0 を適切に配置することが困難である。また、光ファイバ 3 0 の位置も発光部 1 2 から短い距離になり、長軸方向の入射角（ $\theta_{\text{outx}}$ ）を小さく設定すると、長軸方向に集光できるレーザ光の本数が少なくなる。これらは、半導体レーザアレイ 1 0 の複数の発光部 1 2 から出射されるレーザ光を光ファイバ 3 0 に集光するまでに、複数のレンズを用いて集光するために発生している。

本発明は、このような点に鑑みて創案されたものであり、半導体レーザアレイの複数の発光部から出射された各レーザ光を、より効率良く集光でき、且つより容易に実現できる積層型光導波路及びレーザ発光装置を提供することを課題とする。

【0 0 1 0】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するための手段として、本発明の第 1 発明は、請求項 1 に記載

されたとおりの積層型光導波路である。

請求項 1 に記載の積層型光導波路を用いれば、隣り合う光導波路と光導波路との間に、円柱状の形状を有し、且つ光導波路の屈折率よりも低い屈折率を有する部材（例えば、径が高精度に設定され、且つ様々な径（数十  $\mu\text{m}$  ～数百  $\mu\text{m}$  レベル）及び様々な屈折率の光ファイバ等）を挟み込むことにより、隣り合う光導波路と光導波路との間隙の寸法を、高精度に、且つ容易に設定することが可能である。

隣り合う光導波路と光導波路との間隙を高精度に設定することと、光導波路の屈折率よりも低い屈折率を有する部材で間隙部材を構成することで、半導体レーザーアレイの複数の発光部から出射された各レーザー光を、より効率良く集光できる。また、例えば光ファイバにおいて、所望する径及び屈折率を有する光ファイバを選定することは比較的容易であり、当該積層型光導波路の実現は、非常に容易である。

#### 【0011】

また、本発明の第 2 発明は、請求項 2 に記載されたとおりの積層型光導波路である。

請求項 2 に記載の積層型光導波路を用いれば、請求項 1 に対し、円柱状の形状の間隙部材の代わりに、球状の形状を有し、且つ光導波路の屈折率よりも低い屈折率を有する部材（例えば、径が高精度に設定され、且つ様々な径（数  $\mu\text{m}$  ～数百  $\mu\text{m}$  レベル）及び様々な屈折率のスペーサボール等）を挟み込むことにより、隣り合う光導波路と光導波路との間隙の寸法を、高精度に、且つ容易に設定することが可能である。

隣り合う光導波路と光導波路との間隙を高精度に設定することと、光導波路の屈折率よりも低い屈折率を有する部材で間隙部材を構成することで、半導体レーザーアレイの複数の発光部から出射された各レーザー光を、より効率良く集光できる。また、例えばスペーサボールにおいて、所望する径及び屈折率を有するスペーサボールを選定することは比較的容易であり、当該積層型光導波路の実現は、非常に容易である。

#### 【0012】

また、本発明の第 3 発明は、請求項 3 に記載されたとおりの積層型光導波路である。

請求項 3 に記載の積層型光導波路を用いれば、請求項 1 に対し、円柱状の形状の間隙部材の代わりに、板状の形状を有し、且つ光導波路の屈折率よりも低い屈折率を有する部材を形成して挟み込むことにより、隣り合う光導波路と光導波路との間隙の寸法を、高精度に、且つ容易に設定することが可能である。板状で曲面部分を含まず、厚さの精度を確保すればよいため、比較的容易に形成することができる。

隣り合う光導波路と光導波路との間隙を高精度に設定することと、光導波路の屈折率よりも低い屈折率を有する部材で間隙部材を構成することで、半導体レーザーアレイの複数の発光部から出射された各レーザー光を、より効率良く集光できる。また、当該間隙部材において、所望する厚さ及び屈折率を有する板状の間隙部材を形成することは比較的容易であり、当該積層型光導波路の実現は、非常に容易である。

#### 【 0 0 1 3 】

また、本発明の第 4 発明は、請求項 4 に記載されたとおりの積層型光導波路である。

請求項 4 に記載の積層型光導波路を用いれば、光導波路と間隙部材とを交互に複数積層した光導波路において、間隙部材の層の隙間に光導波路の屈折率よりも低い屈折率を有する樹脂を充填することにより、各光導波路を容易に固定（固着）することができる。

また、充填する部材に、例えば紫外線硬化樹脂を用いることで、充填部分の硬化速度、硬化範囲等を任意に設定することができる。また、光導波路の屈折率よりも低い屈折率を有する樹脂で充填することで、半導体レーザーアレイの複数の発光部から出射された各レーザー光を、より効率良く集光できる。また、例えば紫外線硬化樹脂において、所望する屈折率を有する紫外線硬化樹脂を選定することは比較的容易であり、当該積層型光導波路の実現は、非常に容易である。

また、積層型光導波路の各層を樹脂で固定（固着）することで、安定した形状を維持することができるので、積層型光導波路の各層を構成する各光導波路の位

置ずれ等に起因する誤差の発生を抑制することができる。

【 0 0 1 4 】

また、本発明の第 5 発明は、請求項 5 に記載されたとおりの積層型光導波路である。

請求項 5 に記載の積層型光導波路を用いれば、光導波路と間隙部材とを交互に複数積層した光導波路において、固定部材で各層をまとめて固定することにより、各光導波路の層及び間隙部材の層を容易に固定（固着）することができる。

これにより、積層型光導波路の形状を安定して維持することができ、積層型光導波路の各層を構成する各光導波路の位置ずれ等に起因する誤差の発生を抑制することができる。

【 0 0 1 5 】

また、本発明の第 6 発明は、請求項 6 に記載されたとおりの積層型光導波路である。

請求項 6 に記載の積層型光導波路を用いれば、光導波路及び間隙部材を積層した部材と、固定部材との間に緩衝部材を配置する。

これにより、光導波路及び間隙部材を積層した部材にかかる応力を、緩衝部材で適切に吸収することができるため、積層型光導波路の変形（誤差の発生）あるいは破損等を防止することができる。

【 0 0 1 6 】

また、本発明の第 7 発明は、請求項 7 に記載されたとおりのレーザ発光装置である。

請求項 7 に記載のレーザ発光装置を用いれば、半導体レーザアレイの複数の発光部から出射されるレーザ光を、積層型光導波路を用いて効率的に、且つ容易に光ファイバに集光することができる。また、複数のレーザ光を集光した光ファイバから出射されたレーザ光を、更に集光レンズで集光することで、レーザ光の出力を、更に増大させることができる。

【 0 0 1 7 】

【発明の実施の形態】

以下に本発明の実施の形態を図面を用いて説明する。図 1 は、本発明の積層型

光導波路 2 0 0 を用いたレーザ発光装置の一実施の形態の概略構成図を示している。

図 1 に示す実施の形態では、図 1 1 に示す従来のレーザ集光装置に対して、半導体レーザアレイ 1 0 と光ファイバ 3 0 との距離を非常に大きくできる（従来では約 3 . 2 mm のところを、本実施の形態ではレーザ光の進行方向に対する積層型光導波路 2 0 0 の長さに応じて、数 cm 以上（本実施の形態の例では、約 2 0 cm）に設定することも可能）。このため、光ファイバ 3 0 への入射角を小さくできるので、より効率良くレーザ光を集光することができる。

また、図 1 1 に示す従来のレーザ集光装置に対して、長軸方向コリメートレンズアレイ 7 0、長軸方向集光レンズ 8 0、短軸方向集光レンズアレイ 9 0 とを省略し、その代わりに積層型光導波路 2 0 0 を設けているので、構成が簡素化され、組み付け時の調整等（各レンズ等の配置位置の微調整等）が従来のレーザ集光装置に比して、非常に容易である。

【 0 0 1 8 】

〔全体構成〕

図 1 に示す本実施の形態では、発光部 1 2 (m, n) (m 行 n 列、図 1 の例では 5 行 1 6 列) を、長軸方向毎の複数の第 1 グループに分割し、各第 1 グループ毎のレーザ光を各光導波路 2 0 (s, t) (s 行 t 列、図 1 の例では 1 行 1 6 列) で集光して、各光ファイバ 3 0 (s, t) (s 行 t 列、図 1 の例では 1 行 1 6 列) に入射する。

【 0 0 1 9 】

半導体レーザアレイ 1 0 は、複数の発光部 1 2 を有し、単一の発光部を有する半導体レーザを 2 次元的に配列して、あるいは一列に複数の発光部を有するアレイ型半導体レーザを積層または配列して、あるいは 2 次元配列されたスタック型半導体レーザで、構成されている。本実施の形態では、スタック型レーザダイオードを用いている。

積層型光導波路 2 0 0 は、発光部 1 2 (m, n) の長軸方向毎の各第 1 グループ毎に対応する光導波路 2 0 (s, t) が、短軸方向に複数配列されて構成されている。各光導波路 2 0 (s, t) 内に入射されたレーザ光は、入射された光導

波路 2 0 (s, t) 内を、ほぼ全反射しながら進行する（詳細は後述する）。

積層型光導波路 2 0 0 は、半導体レーザアレイ 1 0 の各発光部 1 2 から入射された複数のレーザ光を、長軸方向に対して各光ファイバ 3 0 (s, t) の入射面に集まるように、長軸方向に集光（束ね、あるいは集約）する。

なお、以下、「束ねる」とは、各レーザ光の径をほぼ縮めることなく複数のレーザ光を集めることをいい、「集約する」とは、各レーザ光の径を縮めるあるいは径を縮めるとともに複数のレーザ光を集めることをいう。また、「集光する」とは、「束ねる」あるいは「集約する」方法を用いて、レーザ光の出力を高めることをいう。

#### 【0 0 2 0】

各光ファイバ 3 0 (s, t) の入射面には、各光導波路 2 0 (s, t) の出射面から、少なくとも長軸方向に集光されたレーザ光が入射される。そして、集光レンズ 1 0 0 は、任意の形状に束ねられた光ファイバ 3 0 の出射面から出射されたレーザ光を、各々所定の位置に集光する。これにより、半導体レーザアレイ 1 0 の複数の発光部 1 2 (m, n) から出射された複数のレーザ光は、所定の位置に集光され、加工等に用いることができるように、レーザ光の出力を増大させることができる。

#### 【0 0 2 1】

##### 〔光導波路 2 0 (s, t) の概略構造〕

次に、図 2 を用いて光導波路 2 0 の概略構造について説明する。光導波路 2 0 は、複数のレンズ（例えば、ほぼ短軸方向に中心軸を有するシリンドリカル状のレンズ 2 2 a ~ 2 2 e（第 1 レンズ））を長軸方向に複数配列して構成されている。

また、図 2 に示す光導波路 2 0 の例では、第 1 レンズ 2 2 a ~ 2 2 e が配置された面をレーザ光の入射面として、当該入射面と対向する面をレーザ光の出射面としている。そして、入射されたレーザ光を集光して出射面から出射するために、図 2 に示す例では、長軸方向（X 軸方向）において、入射面の寸法よりも出射面の寸法の方が小さくなるように構成されている（テーパ形状に構成されている）。なお、本実施の形態では、入射面と出射面の短軸方向（Y 軸方向）における

寸法はほぼ同じであるが、出射面の方が小さな寸法となるように構成してもよい。また、第1レンズを適切に構成すれば、特に長軸方向に対してテーパ形状にしくなくとも長軸方向に集光することができる。

なお、光導波路20は、ガラス等様々な材質を用いることができる。

#### 【0022】

[各構成要素の配置と、光ファイバまでのレーザ光の集光状態（概略）]

次に、図3（A）及び（B）を用いて、発光部12、積層型光導波路200、光ファイバ30の配置位置と、光ファイバ30までのレーザ光の集光状態について説明する。

図3（A）は、長軸（fast軸）方向から見た図である。各発光部12から出射されたレーザ光は、積層型光導波路200の各光導波路20の入射面に入射されると、短軸方向においては各光導波路20内を反射しながら当該光導波路20からほとんど外部に漏れることなく進行し、（当該光導波路20の出射面に到達し、）光ファイバ30の入射面に入射される。

#### 【0023】

また、図3（B）は、短軸（slow軸）方向から見た図であり、レーザ光を長軸（fast軸）方向に屈折及び集光する様子を示している。

図3（B）において、光導波路20（s，t）の各第1レンズ22a～22eの焦点距離を（f）とする。

なお、図3（B）において、光導波路20（s，t）を、発光部12（m，n）から当該光導波路20（s，t）の第1レンズの焦点距離（f）の位置に配置すると、光導波路20（s，t）を通過したレーザ光は、幅がほぼ均一化され、図3（B）中に2aで示すように集光される（この場合は束ねられる）。

また、光導波路20（s，t）を発光部12（m，n）から当該光導波路20（s，t）の焦点距離（f）よりもやや遠い（ $S_6$ ）の位置に配置し、 $(1/S_6 + 1/T_6 = 1/f)$ が成立する $S_6$ 及び $T_6$ を設定し、発光部12から $S_6 + T_6$ の距離に光ファイバ30（s，t）の入射面を配置すると、光導波路20（s，t）を通過したレーザ光は、図3（B）中に2c～2eで示すように集光される（この場合は集約される）。



## 【 0 0 2 4 】

[光導波路 2 0 における、各第 1 レンズの構造（光軸）及び配置]

次に、図 4（A）及び（B）に、積層型光導波路 2 0 0 の光導波路 2 0（この場合、図 2 に示す光導波路 2 0）における、各第 1 レンズ（ここでは、第 1 レンズ 2 2 b、2 2 c）の構造（光軸）及び配置の例について、詳細を説明する。

図 4（A）及び（B）に示す図では、各第 1 レンズの光軸をほぼ光ファイバ 3 0（s，t）の入射面の方向に向けるとともに、各第 1 レンズの位置をレーザ光の進行方向（Z 軸方向）と長軸方向（X 軸方向）に移動させて配置している。

## 【 0 0 2 5 】

次に、図 4（A）、（B）を用いて、第 1 レンズの光軸を傾斜させた場合の、発光部 1 2（2，1）に対応する第 1 レンズ 2 2 b の配置等について詳細を説明する。図 4（A）は、レーザ光を「束ねる」方法を実現する配置の例であり、図 4（B）は、レーザ光を「集約する」方法を実現する配置の例である。

## 【 0 0 2 6 】

[光軸を傾斜させるとともにレーザ光を束ねる配置（図 4（A））]

以下、図 4（A）を用いて説明する。

第 1 レンズ 2 2 c は、発光部 1 2（3，1）と、レーザ集光位置（この場合、光ファイバ 3 0（1，1）の入射面のほぼ中心）を結んだ直線と、第 1 レンズ 2 2 c の光軸（Kc）が一致するように配置する。また、対応する発光部 1 2（3，1）から第 1 レンズ 2 2 c の中心（Cc）までの距離が、第 1 レンズ 2 2 c の焦点距離（f）となる位置に配置する。

これにより、発光部（3，1）から出射されたレーザ光は、第 1 レンズ 2 2 c を通過すると、幅がほぼ均一なレーザ光となる。また、焦点距離（f）の選定は、光ファイバ 3 0（1，1）の径を考慮して選定する（焦点距離（f）を大きくすると、通過後のレーザ光の幅が大きくなるため）。

## 【 0 0 2 7 】

次に、第 1 レンズ 2 2 b の配置を説明する。

まず、光ファイバ 3 0 において、入射可能な最大受光角の正弦で表される開口数（以下、NA という）より、光ファイバ 3 0 への入射角（ $\theta$ ）を、以下のよう

に設定する。

$$\theta < \arcsin (NA)$$

発光部 1 2 (2, 1) と発光部 1 2 (3, 1) の長軸方向の距離を (d) とし、第 1 レンズ 2 2 b の中心 (Cb) が、対応する発光部 1 2 (2, 1) から、長軸方向の距離 (Lx1)、レーザ光の進行方向の距離 (Lz1) を、以下のように設定する。

$$Lx1 = f * \sin \theta$$

$$Lz1 = f * \cos \theta$$

【0 0 2 8】

そして、第 1 レンズ 2 2 b を通過して幅がほぼ均一化されたレーザ光の幅の半分を (b) とし、光ファイバ 3 0 (1, 1) の入射面までの距離 (Mz1+Nz1) を以下のように設定する。

$$Mz1 = d / \tan \theta$$

$$Nz1 = b / \sin \theta$$

なお、発光部 1 2 (3, 1) から光ファイバ 3 0 (1, 1) までの距離 (L) は、図 3 (A) に示すように、ほぼ光導波路 2 0 の長さ (レーザ光の進行方向の長さ) である。よって、以下の式が成立するように、光導波路 2 0 の長さを選定する。

$$d / \tan \theta + b / \sin \theta = (\text{ほぼ光導波路 2 0 の Z 軸方向の長さ})$$

その他の発光部 1 2 (m, n) に対しても同様に設定することができる。

【0 0 2 9】

[光軸を傾斜させるとともにレーザ光を集約する配置 (図 4 (B))]

以下、図 4 (B) を用いて説明する。

第 1 レンズ 2 2 c は、発光部 1 2 (3, 1) と、レーザ集光位置 (この場合、光ファイバ 3 0 (1, 1) の入射面のほぼ中心) を結んだ直線と、第 1 レンズ 2 2 c の光軸 (Kc) が一致するように配置する。また、対応する発光部 1 2 (3, 1) から第 1 レンズ 2 2 c の中心 (Cc) までの距離が、第 1 レンズ 2 2 c の焦点距離 (f) よりも長い距離 (S) となる位置に配置する。また、第 1 レンズ 2 2 c の中心 (Cc) から光ファイバ 3 0 (1, 1) の入射面までの距離を (T) とし

て、以下の式が成立するように  $f$ 、 $S$ 、 $T$  を設定する。

$$1/f = 1/S + 1/T$$

また、 $S + T = L$  であるため、 $S$ 、 $T$  は以下となる。

$$S = [L - \sqrt{L^2 - 4 * L * f}] / 2$$

$$T = [L + \sqrt{L^2 - 4 * L * f}] / 2 \text{ (なお、} S < T \text{ とする)}$$

これにより、発光部 (3, 1) から出射されたレーザ光は、第 1 レンズ 2 2 c を通過すると、幅が集約されていく。

#### 【 0 0 3 0 】

次に、第 1 レンズ 2 2 b の配置を説明する。

まず、光ファイバ 3 0 への入射角 ( $\theta$ ) を、以下のように設定する。

$$\theta < \arcsin(NA)$$

発光部 1 2 (2, 1) から光ファイバ 3 0 (1, 1) の入射面までの距離を ( $L_1$ )、発光部 1 2 (2, 1) から第 1 レンズ 2 2 b の中心 ( $Cb$ ) までの距離を ( $S_1$ )、第 1 レンズ 2 2 b の中心 ( $Cb$ ) から光ファイバ 3 0 (1, 1) の入射面までの距離を ( $T_1$ ) とすると、以下の式が成立する。

$$L_1 = d / \sin \theta$$

$$S_1 = [L_1 - \sqrt{L_1^2 - 4 * L_1 * f}] / 2$$

$$T_1 = [L_1 + \sqrt{L_1^2 - 4 * L_1 * f}] / 2$$

#### 【 0 0 3 1 】

また、第 1 レンズ 2 2 b の中心 ( $Cb$ ) が、対応する発光部 1 2 (2, 1) から、長軸方向の距離 ( $Lx2$ )、レーザ光進行方向の距離 ( $Lz2$ ) を、以下のように設定する。

$$Lx2 = S_1 * \sin \theta$$

$$Lz2 = S_1 * \cos \theta$$

そして、発光部 1 2 (3, 1) から光ファイバ 3 0 (1, 1) の入射面までの距離 ( $L$ ) を以下のように設定する。

$$L = d / \tan \theta$$

なお、発光部 1 2 (3, 1) から光ファイバ 3 0 (1, 1) までの距離 ( $L$ ) は、図 3 (A) に示すように、ほぼ光導波路 2 0 の長さ (レーザ光の進行方向の

長さ)である。よって、以下の式が成立するように、光導波路 2 0 の長さを選定する。

$$d / \tan \theta = (\text{ほぼ光導波路 2 0 の Z 軸方向の長さ})$$

その他の発光部 1 2 (m, n) に対しても同様に設定することができる。

#### 【 0 0 3 2 】

以上では、各第 1 レンズの焦点距離 (f) を一定として、距離 ( $S_1$ ) を各第 1 レンズ毎に設定したが、距離 ( $S_1$ ) を一定として、各第 1 レンズ毎に焦点距離 (f) を設定することも可能である。

この場合、距離 ( $S_1$ ) を一定として、焦点距離 (f) 及び距離 ( $T_1$ ) を以下のように設定する。

$$f = S_1 - (S_1)^2 / L_1$$

$$T_1 = L_1 - S_1$$

この場合、各第 1 レンズ毎に焦点距離 (f) が異なるため、各第 1 レンズ毎に曲率が異なる。発光部が中心から離れる程 (光ファイバへの入射角が大きくなる程)、距離 ( $L_1$ ) が大きくなり、対応する第 1 レンズの焦点距離 (f) が大きくなるため、曲率が大きくなる。従って、距離 ( $S_1$ ) を一定にすることによって第 1 レンズの有効径をほぼ一定にできるため、各第 1 レンズの間隔に制約がある場合等において、第 1 レンズの設計の自由度が増す。

#### 【 0 0 3 3 】

なお、第 1 レンズの断面が真円である場合、第 1 レンズのレンズ面が、当該真円の中心 (図 4 (A) 及び (B) の P b、P c) まわりに回転しても、その特性は変わらない。そこで、図 4 (A) に示した光軸を傾斜させた第 1 レンズにおいて、入射されるレーザー光の進行方向に対して、当該光軸がほぼ平行になるように回転させれば、光軸を傾斜させることなく、図 4 (A) と同じ効果を実現できる。また、図 4 (B) においても同様である。

#### 【 0 0 3 4 】

[光ファイバから出射されたレーザー光の集光]

次に、図 5 (A) 及び (B) を用いて、図 1 において光ファイバ 3 0 (s, t) から出射されるレーザー光が、集光レンズ 1 0 0 で所定の位置 (図 5 の [位置 S

M] ) に集光される様子について説明する。

なお、光ファイバ 3 0 ( s , t ) の出射面は、図 5 ( C ) 及び ( D ) に示すように、任意の形状に束ねられている。任意の形状とすることで、例えば、レーザ加工の場合、所望の形状で加工することができる。また、束ねる形状は、円形 ( 図 5 ( C ) ) 、四角形 ( 図 5 ( D ) ) 等に限定されず、様々な形状とすることが可能である。また、束ねる場合において光ファイバの本数も、必要に応じて様々な本数を束ねることが可能である。

#### 【 0 0 3 5 】

図 5 ( A ) 及び ( B ) において、レーザ光を集光する所定の位置を [ 位置 S M ] 、集光レンズ 1 0 0 の焦点距離を [ f 1 0 0 ] 、 [ 位置 S M ] から集光レンズ 1 0 0 の中心までの距離 ( 集光レンズ 1 0 0 の光軸方向における距離 ) を [ 距離 T<sub>2</sub> ] 及び [ 距離 T<sub>3</sub> ] 、集光レンズ 1 0 0 の中心から光ファイバ 3 0 ( s , t ) の出射面までの距離 ( 集光レンズ 1 0 0 の光軸方向における距離 ) を [ 距離 S<sub>2</sub> ] 及び [ 距離 S<sub>3</sub> ] とする。

また、以下のように、 ( S<sub>2</sub>、 T<sub>2</sub> ) 、 ( S<sub>3</sub>、 T<sub>3</sub> ) を設定する。

$$1 / S_2 + 1 / T_2 = 1 / f 1 0 0$$

$$1 / S_3 + 1 / T_3 = 1 / f 1 0 0、且つ S_3 > S_2$$

上記式に基づいた図 5 ( A ) と ( B ) を比較すれば明らかなように、光ファイバ 3 0 ( s , t ) の出射面から集光レンズ 1 0 0 の中心までの距離 [ 距離 S<sub>X</sub> ] が大きくなるほど、集光レンズ 1 0 0 の中心から [ 位置 S M ] までの距離 [ 距離 T<sub>X</sub> ] が小さくなる。また、 [ 距離 T<sub>X</sub> ] が小さくなるほど、 [ 位置 S M ] 上の [ 集光スポット距離 Sout ] が小さくなる。 [ 集光スポット距離 Sout ] が小さいほど、単位面積当たりのレーザ出力が増大され、レーザ加工等に有効となる。

なお、本実施例では、集光レンズ 1 0 0 から距離 T<sub>X</sub> の位置 [ 位置 S M ] を集光点としているが、集光レンズ 1 0 0 から距離 f 1 0 0 の位置 ( 集光レンズ 1 0 0 の焦点距離の位置 ) を集光点としてもよい。

#### 【 0 0 3 6 】

##### [ 積層型光導波路の概略構造 ]

次に、図 6 を用いて、図 3 ( A ) に示した積層型光導波路 2 0 0 の概略構成に

ついて説明する。なお、図 6 は、長軸方向から見た図であり、理解を容易にするために、図 3 (A) とは異なる寸法で記載している。

図 6 では、各光導波路 20 (s, t) の短軸方向の寸法を、ほぼ発光部 12 (m, n) の短軸方向の長さに設定している。これにより、短軸方向においては、1 個の発光部 12 (m, n) から出射されたレーザ光を、当該発光部 12 (m, n) に対応する 1 個の光導波路 20 (s, t) に適切に入射することができる。また、各光導波路 20 (s, t) が、短軸方向において、互いに干渉することがない。

#### 【0037】

更に、各光導波路 20 (s, t) の間の間隙を、当該光導波路 20 (s, t) よりも小さな屈折率を有する間隙部材 25 で埋めて、光導波路 20 と間隙部材 25 とを短軸方向に交互に複数配列した積層型光導波路 200 を構成する。これにより、積層した光導波路 (積層型光導波路 200) のサイズを (短軸方向に) 大きくすることができるので、第 1 レンズの加工等を行う場合の保持がより容易になり、加工等をより容易に行うことができる。また、レーザ発光装置として所定の位置に配置して、その配置位置を微調整する際、個々の光導波路毎に微調整する必要がなく、一括して微調整することができるので便利である。

#### 【0038】

##### [積層型光導波路の詳細構造]

次に、図 7 ～図 10 を用いて、図 3 (A) に示した積層型光導波路 200 の詳細構成について、第 1 の実施の形態～第 3 の実施の形態を説明する。

第 1 の実施の形態～第 3 の実施の形態は、隣り合う光導波路 20 (s, t) の間に挟み込む間隙部材 25 の具体的な部材の例を示す。

#### 【0039】

##### ◆ [第 1 の実施の形態]

第 1 の実施の形態では、図 7 (A) 及び (B) に示すように、隣り合う光導波路 20 (s, t) の間に挟み込む間隙部材 25 に、円柱状間隙部材 25 a を使用する。光導波路 20 内に入射されたレーザ光を、当該光導波路 20 内で全反射させながら進行させるには、当該光導波路 20 との境界部分 (光導波路 20 に当接

する部分)は、光導波路20の屈折率よりも低いことが必要である。なお、例えば光導波路20が石英ガラス(屈折率約1.45)の場合、境界部分が空気(屈折率約1.00)であってもよい。

図7(A)は、隣り合う光導波路(この場合、光導波路20(1,1)と光導波路(1,2))の間への円柱状間隙部材25aの配置状態を説明するための図である。また、図7(B)は、図7(A)における光導波路20(s,t)と円柱状間隙部材25aを交互に複数積層した積層型光導波路200の外観の例である。なお、図7(A)及び(B)は積層の状態を説明する図であるため、光導波路20の形状を図2に示す形状で示さず、四角形の形状としている。

#### 【0040】

円柱状間隙部材25aに要求される事柄は、屈折率が光導波路20(s,t)よりも低い屈折率であるということと、径(図7(A)に示す「Ra」)の誤差が小さく高精度であるということである。

好適には、光ファイバを用いた場合、屈折率について、光導波路20(s,t)の屈折率(例えば、石英ガラスの光導波路の場合、屈折率は約1.45)よりも低い屈折率の光ファイバは、比較的容易に入手可能である。また、径(Ra)の精度においても、径(数十 $\mu\text{m}$ ~数百 $\mu\text{m}$ )の精度が高く、且つ誤差が非常に小さい光ファイバは、比較的容易に入手可能である。これにより、積層型光導波路200の各層を構成する光導波路20と光導波路20との間隔を、高精度に設定することができるため集光効率をより向上させることが可能であり、且つ比較的安価に構成することが可能である。

#### 【0041】

例えば、図6において、発光部12(m,n)の短軸方向の長さDwが200 $\mu\text{m}$ 、各発光部の間隔Dpが200 $\mu\text{m}$ の場合、光導波路20(s,t)の厚さ(短軸方向の厚さ)を200 $\mu\text{m}$ 、円柱状間隙部材25aの径(Ra)を200 $\mu\text{m}$ に設定すれば、効率的に、より細い光ファイバ30(s,t)にレーザ光を集光することができる積層型光導波路200を構成することができる。

なお、円柱状間隙部材25aの長軸方向の配列は、短軸方向(Y軸方向)に対して垂直な方向であれば(XZ平面と平行であれば)、円柱状間隙部材25aの

軸の方向は、どの方向であってもよい（X軸に平行、またはZ軸に平行、または各円柱状間隙部材25aの軸の方向がXZ平面と平行であり且つ互いに異なる方向（異なる斜めの方向等）であってもよい）。

#### 【0042】

また、円柱状間隙部材25aを隣り合う光導波路20（s，t）の間の層に配置した場合、当該層において円柱状間隙部材25aで充填されない空間ができる。また、積層型光導波路200の各層（光導波路20（s，t）の層、円柱状間隙部材25aの層）が固着されていないため、積層型光導波路200の形状が不安定になる可能性がある。そこで、円柱状間隙部材25aで充填されない空間に充填材を充填することによって各層を固着（固定）することができ、積層型光導波路200の形状を安定して維持することができ、各層を構成する各光導波路20の位置ずれ等に起因する誤差の発生を抑制することができる。

充填材は、光導波路20（s，t）よりも低い屈折率を有するもので、例えば紫外線硬化樹脂を用いる。紫外線硬化樹脂は、硬化前は液状であるため空間に充填可能で、且つ硬化後は各層を固着可能で、且つ光導波路20（s，t）よりも低い屈折率を有するものを選定可能である。それに加えて、時間の経過で硬化せず、硬化させたい場合に紫外線を照射して硬化させることができるため、微細な部材（数十 $\mu\text{m}$ ～数百 $\mu\text{m}$ の径の円柱状間隙部材25a等）を適切な位置に配置してから固着させるのに適している。

#### 【0043】

なお、充填材を用いる方法の他にも、後述する機械的に固着する方法がある。充填材を用いない場合、円柱状間隙部材25aの層内の空間は、空気が充填されていることになる。例えば光導波路20が石英ガラス（屈折率は約1.45）の場合、円柱状間隙部材25aの層内の空間に充填されている空気の屈折率は約1.00であり、光導波路20の屈折率よりも低い。この場合、空間に充填材を充填しなくても、光導波路20よりも低い屈折率を維持できる。あとは固着できればよい。

#### 【0044】

図10に、積層型光導波路200を機械的に固着する例を示す。この例では、



積層型光導波路 2 0 0 を 2 個の固定部材 2 9 で、短軸方向（Y 軸方向）から圧力をかけて固着させている（例えばネジ等で固定する）。

また、積層型光導波路 2 0 0 の積層方向（図 1 0 中の Y 軸方向）における両端面と固定部材 2 9 との当接面には、固定部材 2 9 の圧力により応力がかかるため、光導波路 2 0 よりも低い屈折率を有する緩衝部材 2 8 d を設けることが好ましい。これにより、積層型光導波路 2 0 0 の変形、破損等を適切に防止することができる。

【 0 0 4 5 】

#### ◆ [第 2 の実施の形態]

第 2 の実施の形態では、図 8（A）及び（B）に示すように、隣り合う光導波路 2 0（s，t）の間に挟み込む間隙部材 2 5 に、球状間隙部材 2 5 b を使用する。第 1 の実施の形態と同様に、例えば光導波路 2 0 が石英ガラス（屈折率約 1．4 5）の場合、境界部分が空気（屈折率約 1．0 0）であってもよい。

図 8（A）は、隣り合う光導波路（この場合、光導波路 2 0（1，1）と光導波路（1，2））の間への球状間隙部材 2 5 b の配置状態を説明するための図である。また、図 8（B）は、図 8（A）における光導波路 2 0（s，t）と球状間隙部材 2 5 b を交互に複数積層した積層型光導波路 2 0 0 の外観の例である。なお、図 8（A）及び（B）は積層の状態を説明する図であるため、光導波路 2 0 の形状を図 2 に示す形状で示さず、四角形の形状としている。

【 0 0 4 6 】

球状間隙部材 2 5 b に要求される事柄は、屈折率が光導波路 2 0（s，t）よりも低い屈折率であるということと、径（図 8（A）に示す「R b」）の誤差が小さく高精度であるということである。

もう 1 つの好適な形態として、LCD パネル等で使用されるスペーサボールを用いた場合、屈折率について、光導波路 2 0（s，t）の屈折率（例えば、石英ガラスの光導波路の場合、屈折率は約 1．4 5）よりも低い屈折率のスペーサボールは、比較的容易に入手可能である。また、径（R b）の精度においても、径（数十  $\mu$  m ～ 数百  $\mu$  m）の精度が高く、且つ誤差が非常に小さいスペーサボールは、比較的容易に入手可能である。これにより、積層型光導波路 2 0 0 の各層を

構成する光導波路 2 0 と光導波路 2 0 との間隔を、高精度に設定することができるため集光効率をより向上させることが可能であり、且つ比較的安価に構成することが可能である。

#### 【 0 0 4 7 】

例えば、図 6 において、発光部 1 2 ( m , n ) の短軸方向の長さ  $D_w$  が  $200\ \mu\text{m}$ 、各発光部の間隔  $D_p$  が  $200\ \mu\text{m}$  の場合、光導波路 2 0 ( s , t ) の厚さ ( 短軸方向の厚さ ) を  $200\ \mu\text{m}$ 、球状間隙部材 2 5 b の径 ( R b ) を  $200\ \mu\text{m}$  に設定すれば、効率的に、より細い光ファイバ 3 0 ( s , t ) にレーザ光を集光することができる積層型光導波路 2 0 0 を構成することができる。

#### 【 0 0 4 8 】

また、球状間隙部材 2 5 b を隣り合う光導波路 2 0 ( s , t ) の間の層に配置した場合、当該層において球状間隙部材 2 5 b で充填されない空間ができる。以下、空間及び充填材については第 1 の実施の形態と同様であるので、説明を省略する。

#### 【 0 0 4 9 】

なお、充填材を用いる方法の他にも、機械的に固着する方法がある。以下、機械的に固着する方法については第 1 の実施の形態と同様であるので、説明を省略する。

また、スペーサボールには、表面に強い固着性を有するものもあり、当該スペーサボールを用いた場合、充填材、固定部材 2 9 を省略して積層型光導波路 2 0 0 の各層を固着することが可能である。

#### 【 0 0 5 0 】

### ◆ [ 第 3 の実施の形態 ]

第 3 の実施の形態では、図 9 ( A ) 及び ( B ) に示すように、隣り合う光導波路 2 0 ( s , t ) の間に挟み込む間隙部材 2 5 に、板状間隙部材 2 5 c を使用する。ここで、図 9 ( A ) に示す例では、間隙部材の 1 つの層において、1 枚の板状間隙部材 2 5 c を使用しているが、間隙部材の 1 つの層において、板状間隙部材 2 5 c を複数配置 ( 板状間隙部材 2 5 c の Y 軸方向における厚みを n 分割し、n 枚を Y 軸方向に積層して 1 つの層を構成する、あるいは厚さが  $R_c$  で X Z 平面

における面積が小さな板状間隙部材 2 5 c を X Z 平面に複数並べて 1 つの層を構成する等) してもよい。また、第 1 の実施の形態と同様に、例えば光導波路 2 0 が石英ガラス (屈折率約 1. 4 5) の場合、板状間隙部材 2 5 c を X Z 平面に複数並べた際にできる隙間による、光導波路 2 0 と間隙部材の層との境界部分が空気 (屈折率約 1. 0 0) であってもよい。(間隙部材の 1 つの層において、板状間隙部材 2 5 c で層内の全空間を埋めることなく、空間部分があってもよい。)

図 9 (A) は、隣り合う光導波路 (この場合、光導波路 2 0 (1, 1) と光導波路 (1, 2)) の間への板状間隙部材 2 5 c の配置状態を説明するための図である。また、図 9 (B) は、図 9 (A) における光導波路 2 0 (s, t) と板状間隙部材 2 5 c を交互に複数積層した積層型光導波路 2 0 0 の外観の例である。なお、図 9 (A) 及び (B) は積層の状態を説明する図であるため、光導波路 2 0 の形状を図 2 に示す形状で示さず、四角形の形状としている。

#### 【0 0 5 1】

板状間隙部材 2 5 c に要求される事柄は、屈折率が光導波路 2 0 (s, t) よりも低い屈折率であるということと、厚さ (図 9 (A) に示す「R c」) の誤差が小さく高精度であるということである。

屈折率について、光導波路 2 0 (s, t) の屈折率 (例えば、石英ガラスの光導波路の場合、屈折率は約 1. 4 5) よりも低い屈折率の板状間隙部材 2 5 c は、比較的容易に入手可能である。また、厚さ (R c) の精度においても、厚さ (数十  $\mu\text{m}$  ~ 数百  $\mu\text{m}$ ) の精度が高く、且つ誤差が非常に小さい板状間隙部材 2 5 c は、比較的容易に入手可能である。これにより、積層型光導波路 2 0 0 の各層を構成する光導波路 2 0 と光導波路 2 0 との間隔を、高精度に設定することができ、ため集光効率をより向上させることが可能であり、且つ比較的安価に構成することが可能である。

#### 【0 0 5 2】

例えば、図 6 において、発光部 1 2 (m, n) の短軸方向の長さ  $D_w$  が 2 0 0  $\mu\text{m}$ 、各発光部の間隔  $D_p$  が 2 0 0  $\mu\text{m}$  の場合、光導波路 2 0 (s, t) の厚さ (短軸方向の厚さ) を 2 0 0  $\mu\text{m}$ 、板状間隙部材 2 5 c の厚さ (R c) を 2 0 0  $\mu\text{m}$  に設定すれば、効率的に、より細い光ファイバ 3 0 (s, t) にレーザ光を集光

することができる積層型光導波路 2 0 0 を構成することができる。

【 0 0 5 3 】

また、板状間隙部材 2 5 c を隣り合う光導波路 2 0 ( s , t ) の間の層に配置した場合、当該層において板状間隙部材 2 5 c で充填されない空間ができる場合がある ( 1 つの層において、複数の細かな板状間隙部材 2 5 c を配置した場合等 ) 。以下、空間及び充填材については第 1 の実施の形態と同様であるので、説明を省略する。

【 0 0 5 4 】

なお、充填材を用いる方法の他にも、機械的に固着する方法がある。以下、機械的に固着する方法については第 1 の実施の形態と同様であるので、説明を省略する。

【 0 0 5 5 】

以上の説明では、積層型光導波路 2 0 0 の間隙部材 2 5 に、光導波路 2 0 よりも低い屈折率を有する部材を使用した。しかし、各光導波路 2 0 に入射されたレーザー光が当該光導波路 2 0 の外部に漏れることを抑制し、当該光導波路 2 0 の内部で全反射しながら進行すればよいため、間隙部材 2 5 にはレーザー光を全反射する部材を用いてもよい。

例えば、図 9 ( A ) 及び ( B ) において、板状間隙部材 2 5 c にレーザー光を全反射するミラー等を用いて、積層型光導波路 2 0 0 を構成してもよい。この場合、短軸方向 ( Y 軸方向 ) において、レーザー光をより確実に全反射させることができるため、集光効率をより向上させることができる。

【 0 0 5 6 】

本発明の積層型光導波路及びレーザー発光装置は、本実施の形態で説明した形状、構成等に限定されず、本発明の要旨を変更しない範囲で種々の変更、追加、削除が可能である。

本発明の積層型光導波路を用いたレーザー発光装置は、レーザー加工装置等、レーザー光を用いた種々の装置に適用することが可能である。

本実施の形態の説明に用いた数値は一例であり、この数値に限定されるものではない。

また、積層型光導波路の形状、サイズ、材質等は、実施の形態の説明及び図に限定されるものではない。

また、各実施の形態における積層型光導波路 2 0 0 は、図 1 の集光システム（レーザ発光装置）に組み込まれる場合、図 2 に示す第 1 レンズ 2 2 a ～ 2 2 e が精密加工されるが、全体形状は、図 2 に示す三角形にせずとも、図 7（B）、図 8（B）、図 9（B）のように、方形のままでもよい。

【 0 0 5 7 】

【発明の効果】

以上説明したように、請求項 1 ～ 6 のいずれかに記載の積層型光導波路を用いれば、半導体レーザアレイの複数の発光部から出射された各レーザ光を、より効率良く集光でき、且つより容易に実現できる積層型光導波路を提供できる。

また、請求項 7 に記載のレーザ発光装置によれば、請求項 1 ～ 6 のいずれかに記載の積層型光導波路を用いて、半導体レーザアレイの複数の発光部から出射されるレーザ光を、効率的に、且つ容易に集光でき、レーザ光の出力を増大することができるレーザ発光装置を容易に実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の積層型光導波路 2 0 0 を用いたレーザ発光装置の一実施の形態の概略構成図である。

【図 2】

光導波路 2 0 の概略構造について説明する図である。

【図 3】

発光部 1 2、積層型光導波路 2 0 0、光ファイバ 3 0 の配置位置と、光ファイバ 3 0 までのレーザ光の集光状態について説明する図である。

【図 4】

積層型光導波路 2 0 0 の光導波路 2 0 における、各第 1 レンズの構造（光軸）及び配置の例について説明する図である。

【図 5】

光ファイバ 3 0（s，t）から出射されるレーザ光が、集光レンズ 1 0 0 で所

定の位置に集光される様子について説明する図である。

【図 6】

積層型光導波路 2 0 0 の概略構成について説明する図である。

【図 7】

積層型光導波路 2 0 0 の第 1 の実施の形態を説明する図である。

【図 8】

積層型光導波路 2 0 0 の第 2 の実施の形態を説明する図である。

【図 9】

積層型光導波路 2 0 0 の第 3 の実施の形態を説明する図である。

【図 1 0】

積層型光導波路 2 0 0 の固着（固定）方法の例を説明する図である。

【図 1 1】

従来の半導体レーザ集光装置の概略構成を説明する図である。

【図 1 2】

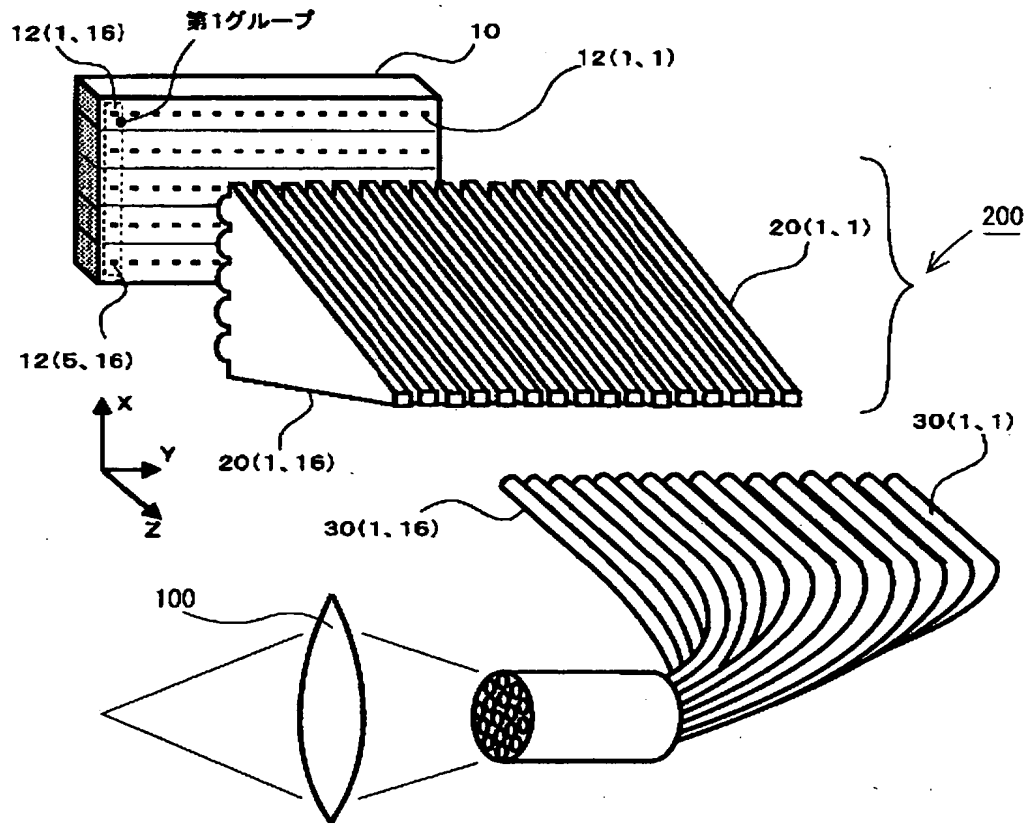
従来の半導体レーザ集光装置において、各レンズの配置位置と、各レンズを通過したレーザ光が集光される様子を説明する図である。

【符号の説明】

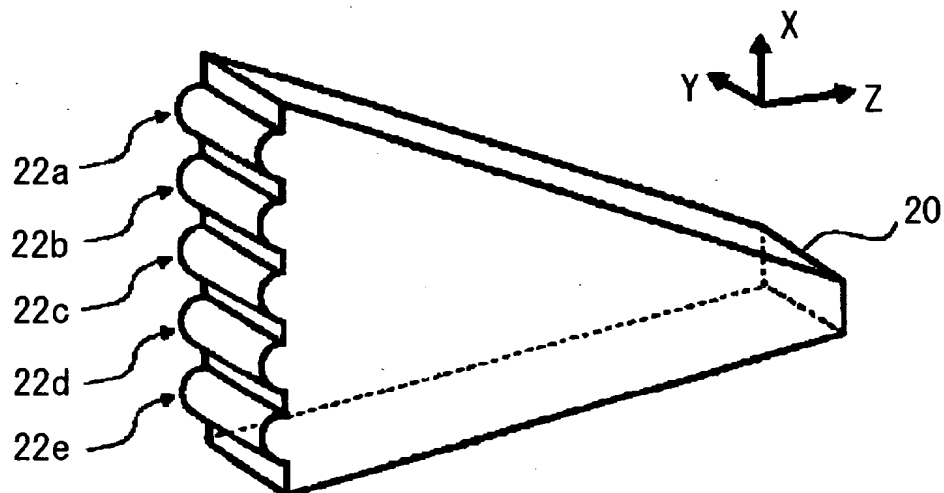
- 1 0 半導体レーザアレイ
- 1 2 発光部
- 2 0 光導波路
- 2 5 間隙部材
- 2 5 a 円柱状間隙部材
- 2 5 b 球状間隙部材
- 2 5 c 板状間隙部材
- 2 9 固定部材
- 3 0 光ファイバ
- 1 0 0 集光レンズ
- 2 0 0 積層型光導波路

【書類名】 図面

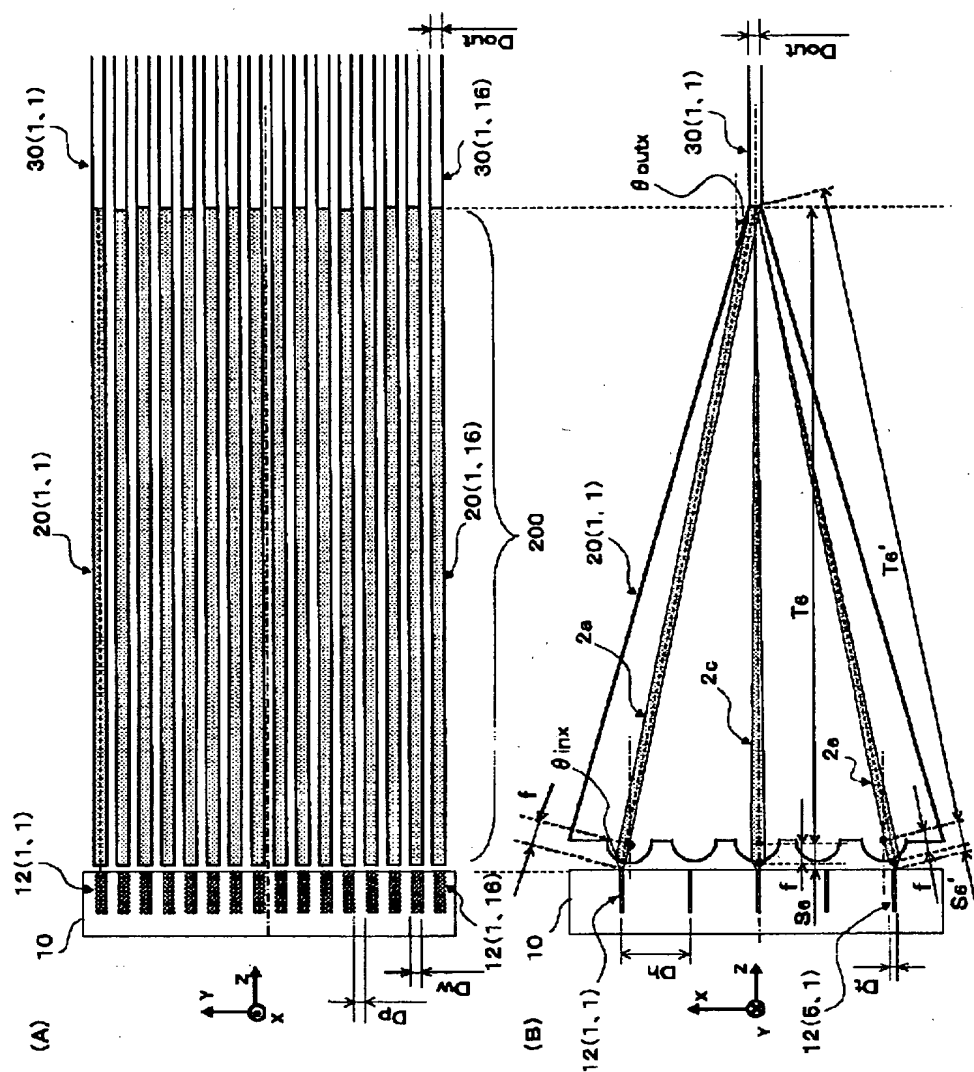
【図 1】



【図 2】



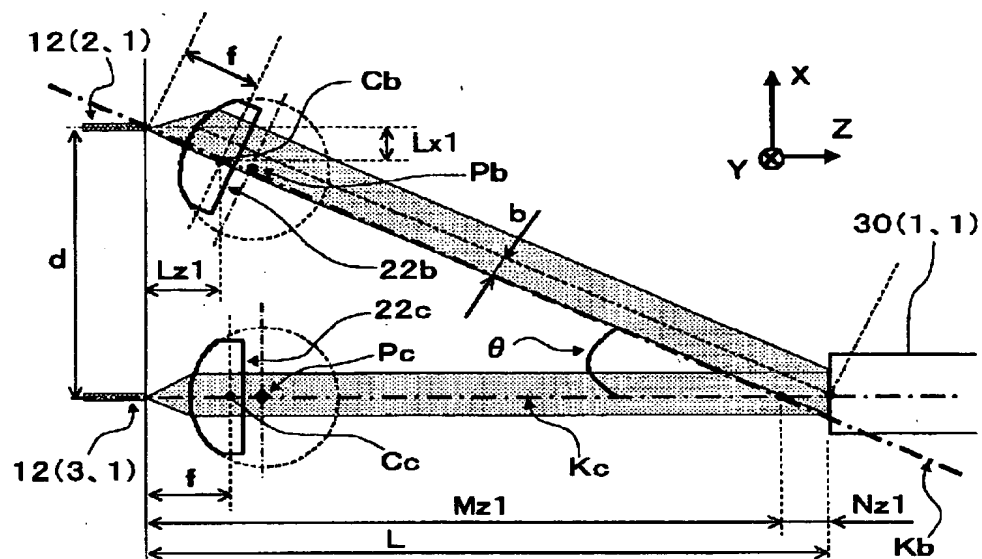
【図 3】



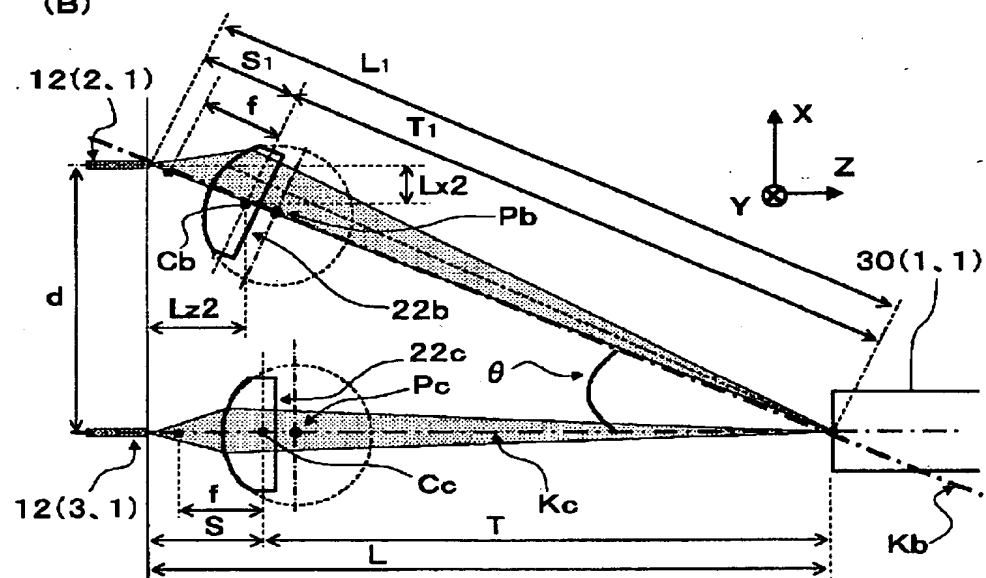


【図 4】

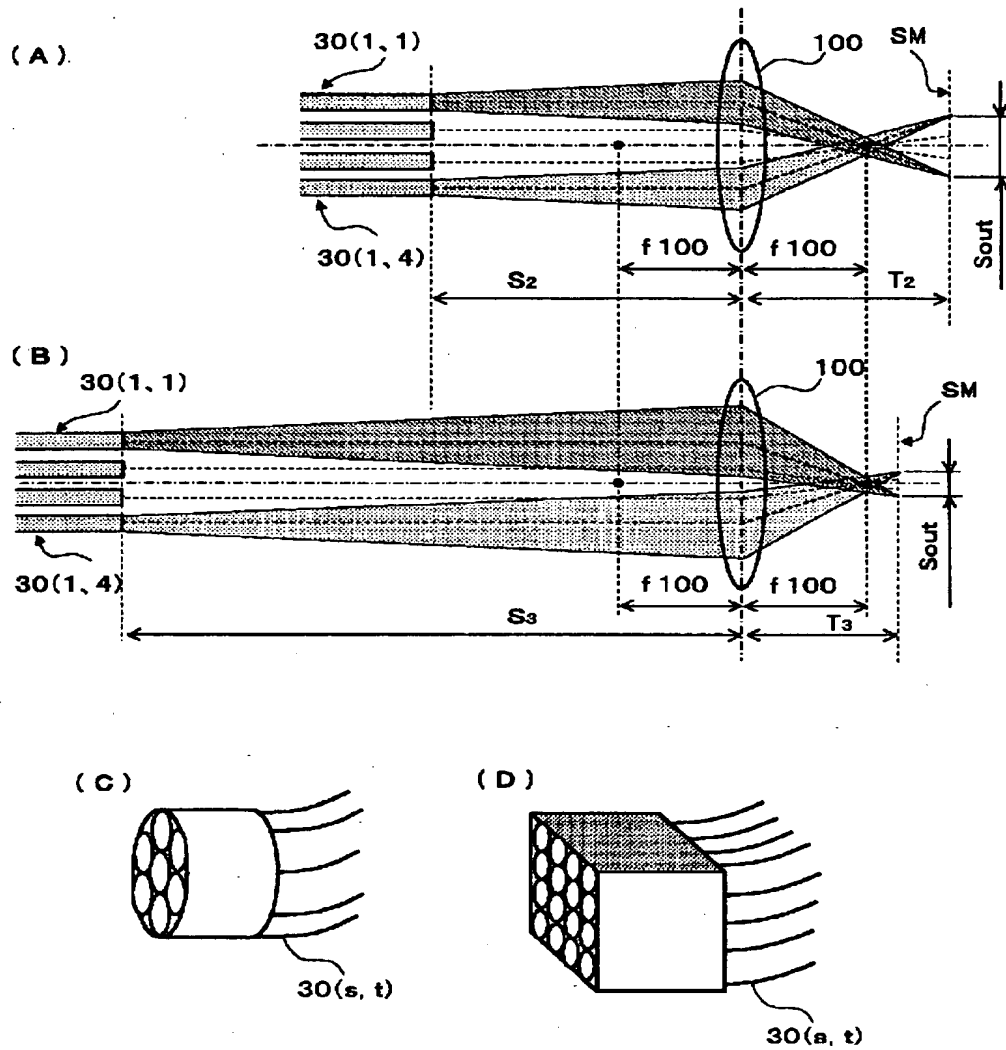
(A)



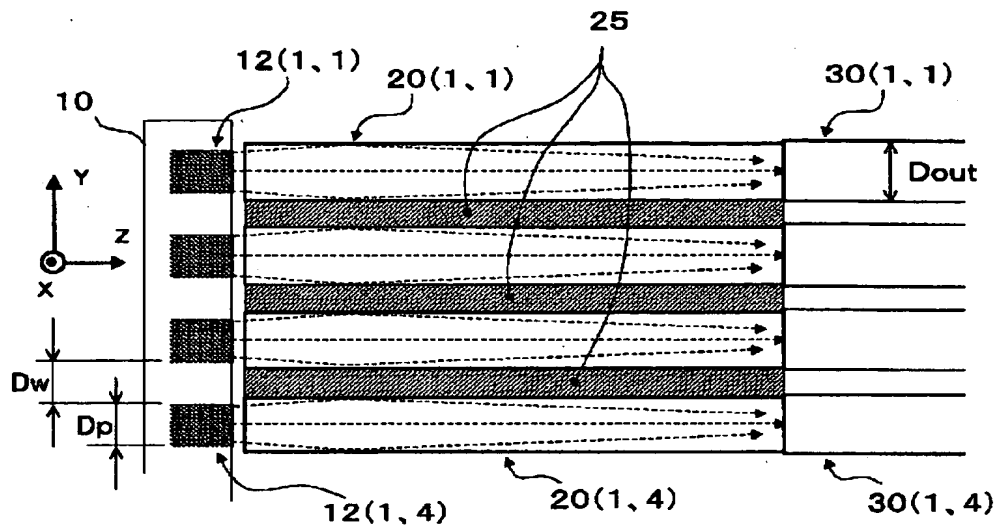
(B)



【図 5】

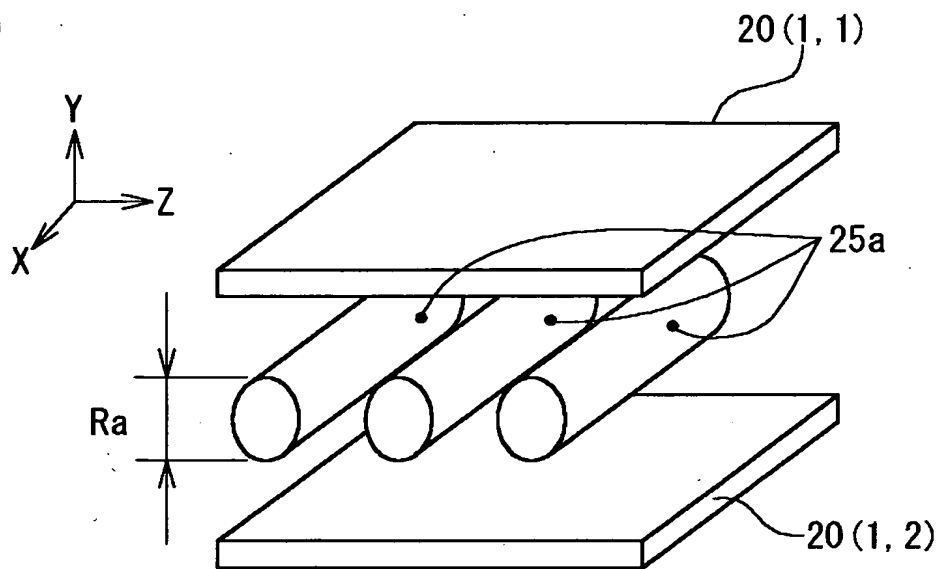


【図 6】

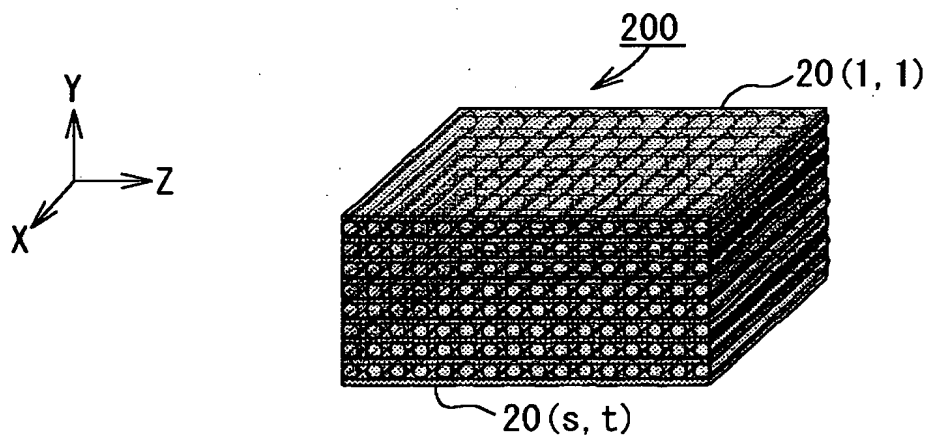


【図 7】

(A)

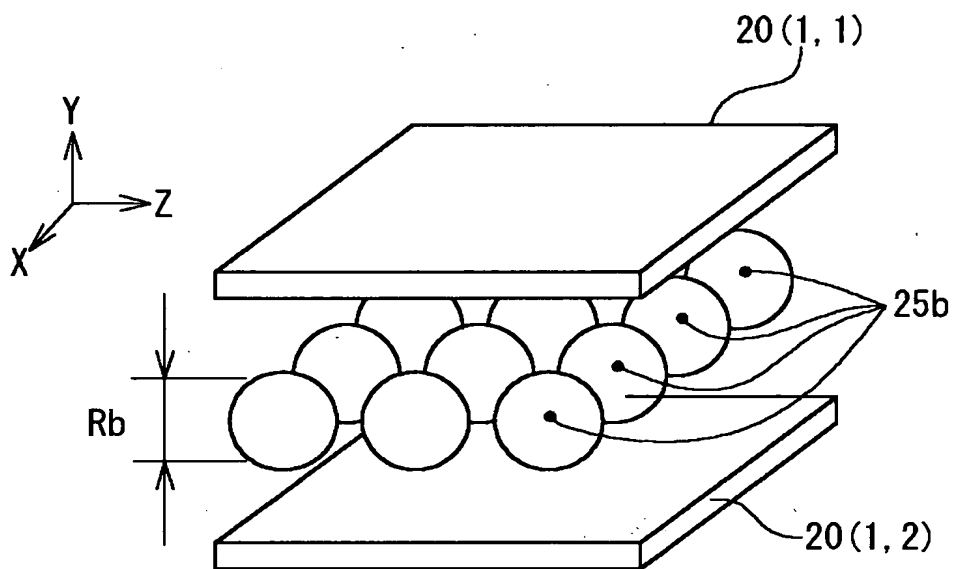


(B)

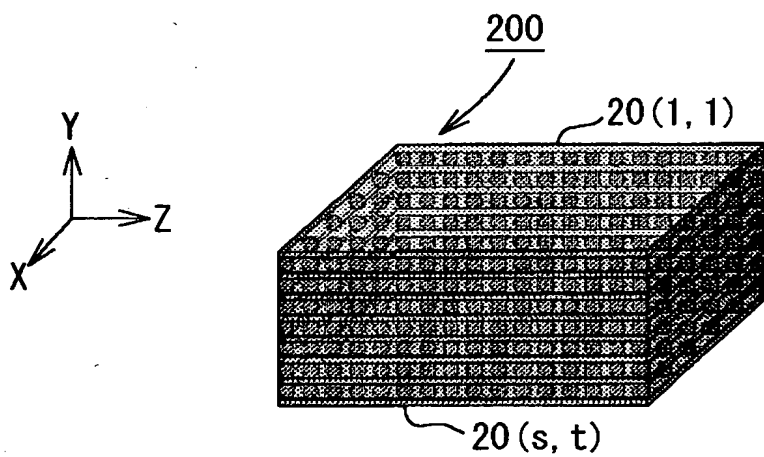


【図 8】

(A)

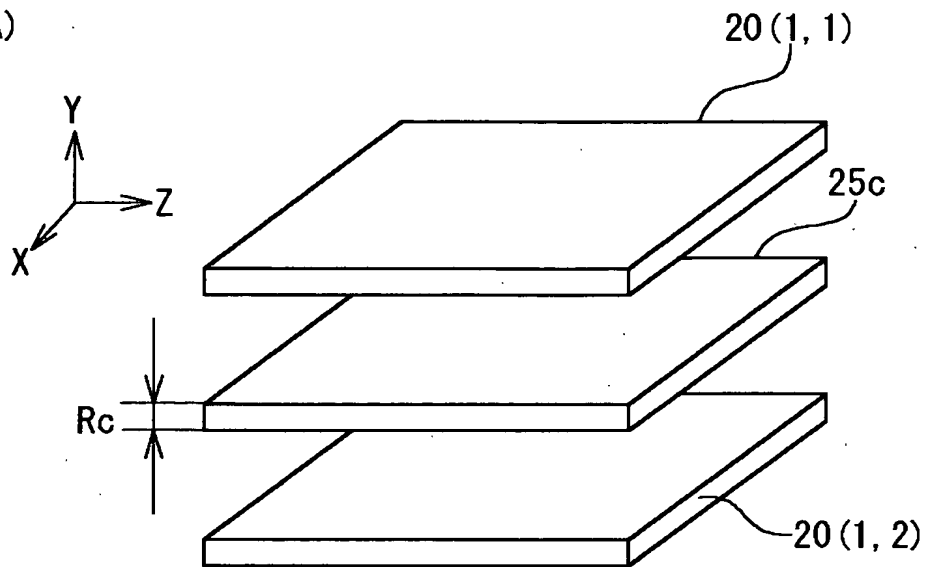


(B)

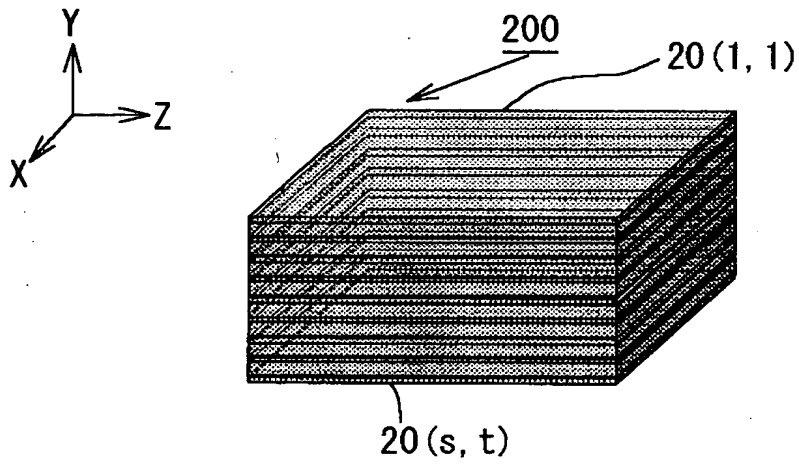


【図 9】

(A)

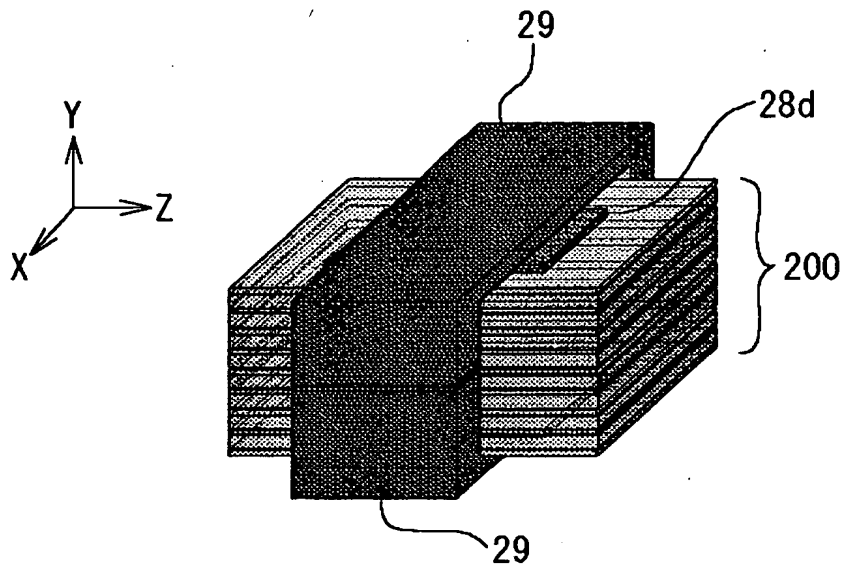


(B)

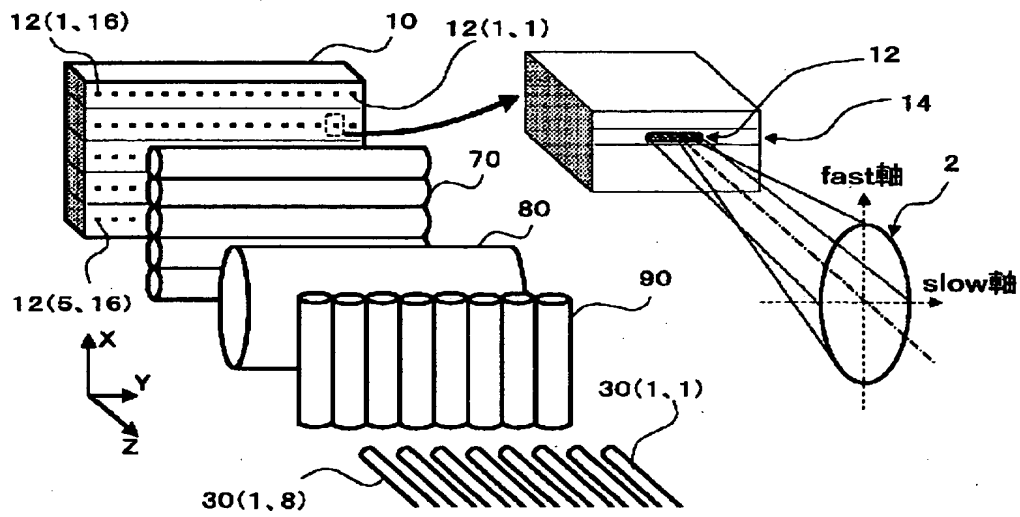


【図 10】

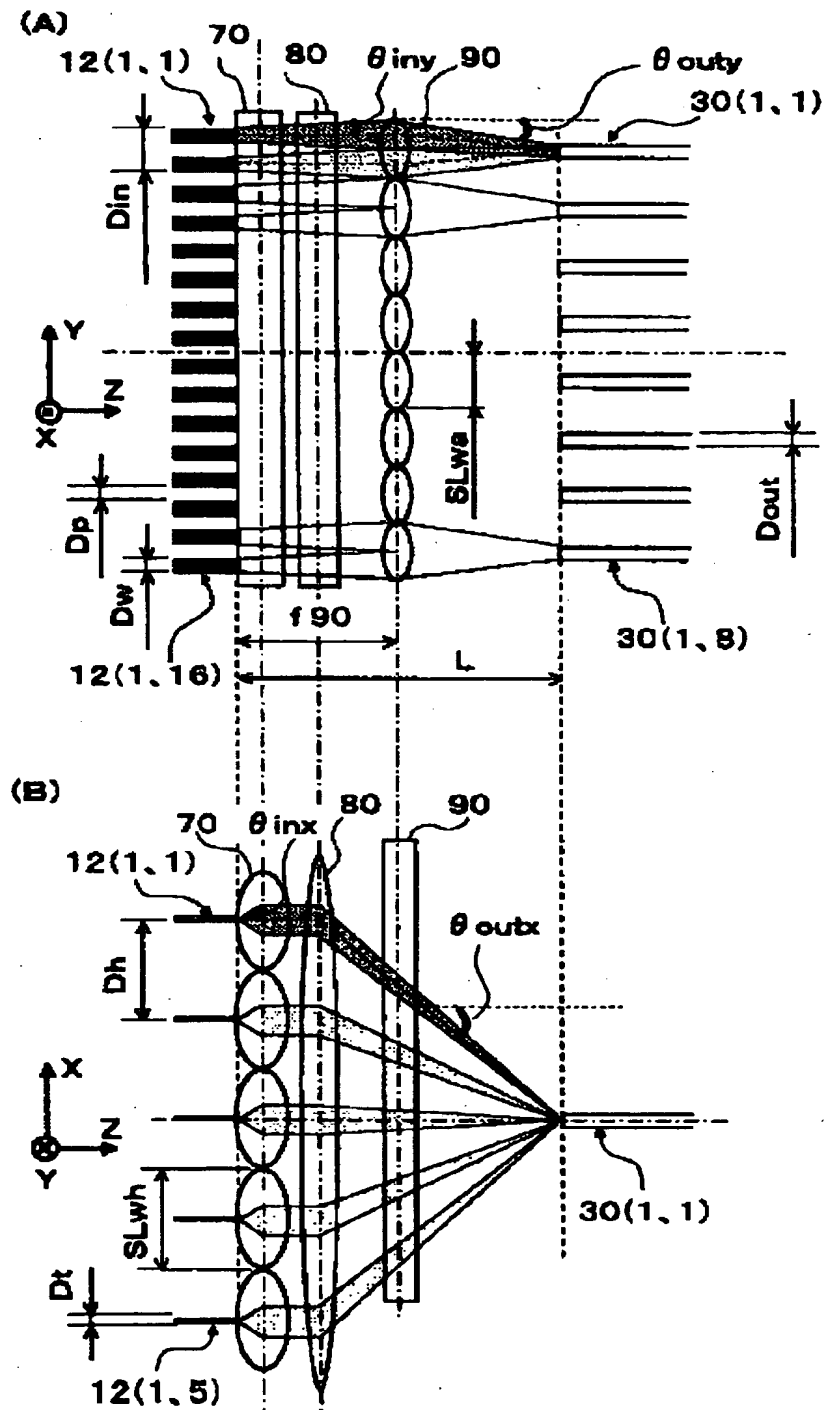
(A)



【図 11】



【図 12】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 半導体レーザアレイの複数の発光部から出射された各レーザ光を、より効率良く集光でき、且つより容易に実現できる積層型光導波路及びレーザ発光装置を提供する。

【解決手段】 任意の屈折率を有する部材で形成された板状の光導波路 2 0 と、当該光導波路 2 0 の屈折率よりも低い屈折率を有する間隙部材 2 5 a とを交互に複数積層した積層型光導波路 2 0 0 であって、間隙部材 2 5 a は、円柱状の形状を有し、隣り合う光導波路 2 0 と光導波路 2 0 との間の距離が当該間隙部材 2 5 a の径 (R a) となるように積層される。例えば、間隙部材 2 5 a に光ファイバを用いれば、径 (R a) を非常に高精度に、且つ非常に小さな誤差に設定することができる。これにより、積層型光導波路 2 0 0 における各光導波路 2 0 と光導波路 2 0 との間隔を、高精度に且つ容易に設定することが可能になる。

【選択図】 図 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003470]

1. 変更年月日	1990年 8月24日
[変更理由]	新規登録
住 所	愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地
氏 名	豊田工機株式会社